

Pengaruh Infeksi *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) Terhadap Morfologi, Anatomi, dan Kadar Klorofil Daun Tembakau Cerutu

Inoculation Effect of Cucumber Mosaic Virus (CMV) Against Morphology, Anatomy, and Chlorophyl Levels of Cigar Tobacco Leaves

Ruly Hamida dan Cece Suhara

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat

Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152

Email: balittas@litbang.deptan.go.id

Diterima: 13 Oktober 2012

disetujui: 15 Januari 2013

ABSTRAK

Penyakit virus pada tembakau cerutu menyebabkan kerugian yang cukup besar, yaitu dapat mengurangi produksi sekitar 7–30%. Secara morfologi, daun tembakau yang terserang virus pada umumnya menunjukkan gejala mosaik, berkerut atau menggulung, ukurannya menjadi lebih kecil, rapuh, elastisitas dan daya bakarnya menurun. Informasi tentang *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) dalam bidang anatomi dan fisiologi masih sangat sedikit, sehingga penelitian ini bertujuan untuk menambah informasi tentang pengaruh infeksi CMV terhadap karakter morfologi, anatomi dan fisiologi daun tembakau cerutu. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus–November 2011, di Kebun Percobaan Karangploso dan Laboratorium Fitopatologi Balittas, Malang, menggunakan rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan. Inokulum CMV diambil dari tanaman sakit di lapang dan diperbanyak pada tanaman indikator. Inokulasi dilakukan pada tanaman tembakau cerutu varietas H-382 menggunakan *sprayer* duco type Sagola pada tekanan kompresor $4,5 \text{ kg/cm}^2$. Pengamatan dilakukan pada 3 bulan setelah tanam terhadap parameter morfologi, anatomi tanaman dan kadar klorofil daun tembakau pada skor 0–5. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara tanaman yang sehat dengan tanaman yang diinfeksi CMV. Makin tinggi tingkat infeksinya, makin besar penurunan luas daun dan kadar klorofil total tanaman tembakau. Penurunan rasio klorofil a/b daun lebih tinggi pada skor 4 dibandingkan skor 5, yaitu sebesar 74%, tetapi kerusakan morfologi paling parah terjadi pada skor 5, dimana terjadi perubahan bentuk dan secara anatomi terdapat bentukan *kranz* (spot-spot hitam) pada berkas pembuluh.

Kata kunci: Tembakau, *cucumber mosaic virus*, morfologi, anatomi, klorofil

ABSTRACT

Virus disease on cigar tobacco causes significant losses on yield, due to reduction on productivity 7–30%. Morphologically, tobacco leaf infected by virus generally shows symptoms of mosaic, wrinkled or curled, its size becomes smaller, fragile, elasticity, and burn down. Information about cucumber mosaic virus (CMV) in anatomy and physiology was still slightly, so objective of this study was to determine the effect of cucumber mosaic virus (CMV) infection to the character of the morphology, anatomy, and physiology of cigar tobacco leaves. The experiment was conducted in August–November 2011, at the Karangploso Experimental Station and Phytopathology Laboratory of ISFCRI, Malang, using a randomized block design with three replications. CMV was inoculated from diseased plants in the field and propagated on indicator plants. Inoculation was done on cigar tobacco H-382 varieties employing Sagola duco sprayer at a pressure of 4.5 kg/cm^2 compressor. Observations were made at 3 months after planting for identifying morphological and physiological parameters and leaf chlorophyl content of tobacco using score under 0–5. The results showed that there were significant differences between healthy plants and plants infected with CMV. The reduction in leaf area and total chlorophyl content of tobacco plants were greater as the rate of infection was higher.

Decreasing in the ratio of chlorophyl a/b leaves was higher on plant with the score index of 4 than the score of 5 by 74%, but the most severe morphological damage occurs in plant with score of 5, indicating by change of shape and kranz formations (black spots) on the vascular bundle.

Keywords: Tobacco, cucumber mosaic virus, morphology, anatomy, chlorophyl

PENDAHULUAN

Tembakau merupakan salah satu komoditas perdagangan penting di dunia termasuk Indonesia. Indonesia menyumbang 2,1% dari persediaan daun tembakau di seluruh dunia (Anonim 2009). Indonesia adalah negara penghasil tembakau cerutu terkenal sejak tahun 1850. Iklim maritim dengan kelengsangan tinggi memberikan peluang untuk menghasilkan daun dengan sifat kerosok bertekstur halus, pegangan empuk, dan elastisitas sangat tinggi. Dari data rata-rata selama 5 tahun: 1991–1995, Indonesia memasok ke pasar dunia 72% *dekblad* (tembakau pembalut/wrapper), 46% *omblad* (tembakau pembungkus/binder), dan 3,6% *filer* (tembakau isi/filler) (Anonim 1996). Hampir seluruh produksi daun tembakau digunakan untuk produksi rokok domestik dan produk-produk tembakau lainnya. Sampai saat ini masih terdapat kendala dalam hal produktivitas, salah satu penyebabnya adalah gangguan penyakit seperti infeksi virus mosaik yang timbul selama penanaman tembakau.

Penyakit virus pada tembakau khususnya gejala mosaik, menimbulkan kerugian yang kurang disadari oleh petani, khususnya pada tembakau rajangan, karena tanaman yang sakit tidak langsung mati dan masih memberikan hasil walaupun kualitasnya menurun. Pada tembakau cerutu penyakit virus menyebabkan kerugian yang cukup besar, karena selain mengurangi produksi juga sangat berpengaruh terhadap mutu daun yang dihasilkan. Daun tembakau yang terserang virus pada umumnya menunjukkan gejala mosaik, berkerut, atau menggulung, ukurannya menjadi lebih kecil, rapuh, elastisitas dan daya bakarnya menurun. Menurut Lucas (1975) daun yang terserang penyakit CMV menunjukkan perubahan warna secara nyata seperti pola mosaik, kebanyakan tanaman kerdil, daun menyempit dan

mengalami distorsi. Efisiensi fotosintesis pada daun yang terinfeksi virus juga mengalami perubahan, seiring dengan berkurangnya kadar CO₂ bersih dan kandungan klorofil a/b (Gonçalves *et al.* 2005). Besarnya kerugian tergantung dari jenis virus yang menyerang, jenis tembakau, dan waktu terjadinya infeksi (Saleh *et al.* 1992).

Pengendalian penyakit yang disebabkan oleh virus sampai saat ini masih sangat sulit, hal ini disebabkan karena beberapa faktor, antara lain 1) Keragaman genetik CMV yang tinggi (Finetti *et al.* 1999) sehingga sulit menemukan jenis tembakau yang tahan, 2) Kisaran tanaman inang CMV yang luas, dan 3) CMV dapat ditularkan oleh berbagai jenis kutu daun secara nonpersisten (Anonim 1999). Sifat CMV tersebut dan metabolisme sel inang sangat erat kaitannya sehingga sampai saat ini belum diketahui zat kimia yang secara spesifik dapat mengendalikan perkembangan virus tanpa mempengaruhi tanaman inangnya. Oleh karena itu pengendalian virus secara kimiawi belum dapat dilaksanakan (Boss 1990).

Aktivitas virus yang sangat tinggi diduga akan mempengaruhi proses metabolisme sehingga dapat menurunkan metabolit primer serta pertumbuhan tanaman. Metabolisme yang utama adalah proses fotosintesis yang berhubungan dengan pigmen klorofil (Gonçalves *et al.* 2005). Diduga tanaman yang mendapat infeksi CMV akan mereduksi pertumbuhannya baik fase vegetatif maupun generatif. Beberapa penelitian telah membuktikan infeksi virus mampu menurunkan pertumbuhan tanaman, menurunkan hasil dan komponen hasil tanaman. Bila intensitas cahaya yang diterima rendah, maka jumlah cahaya yang diterima oleh setiap luasan permukaan daun dalam jangka waktu tertentu rendah. Kondisi kekurangan cahaya berakibat terganggunya metabolisme, sehingga menyebabkan menurunnya laju foto-

sintesis dan sintesis karbohidrat (Sopandie *et al.* 2003). Penurunan fotosintesis pada tanaman terinfeksi virus merupakan akibat dari menurunnya efisiensi kloroplas. Mekanisme fisiologi yang terjadi mengakibatkan penurunan pertumbuhan, antara lain perubahan aktivitas hormon pertumbuhan dan berkurangnya kemampuan tanaman dalam pengambilan nutrisi (Akin 2006).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh infeksi CMV terhadap perubahan morfologi, anatomi, dan kadar klorofil daun tembakau cerutu. Informasi tentang perubahan morfologi akibat gangguan penyakit CMV berguna untuk menentukan kualitas daun pada saat sortasi.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan kertas saring, pistil dan mortar, cuvet, spektrofotometer, kertas label, mikroskop cahaya, dan alat pendukung lainnya.

Bahan tanaman yang digunakan adalah koleksi tanaman induk, yaitu tanaman tembakau cerutu varietas H-382 yang ditanam pada bulan Agustus–November 2011, di Kebun Percobaan Karangploso dan Laboratorium Fitopatologi Balittas, Malang.

Pengambilan Inokulum

Inokulum CMV yang diperoleh dari lapangan diuji secara hayati menggunakan tanaman indikator yang terdiri atas *C. amaranthoides*, *C. quinoa*, dan *Zucchini*. Tujuan pengujian secara hayati pada tanaman indikator adalah untuk mengetahui keberadaan virus CMV pada inokulum yang akan digunakan. Gejala CMV pada tanaman indikator *C. amaranthoides*, *C. quinoa* menimbulkan gejala lesio lokal, sedangkan pada tanaman *Zucchini* menimbulkan gejala mosaik. Inokulum CMV dimurnikan secara bertahap pada tanaman tembakau Xhanty NC sampai diperoleh gejala CMV yang murni.

Inokulasi Virus

Daun yang menunjukkan gejala CMV diambil (dipanen) dijadikan ekstrak dicampur dengan buffer fosfat pH 7 (BF pH 7). Perbandingan daun segar dengan BF pH 7 1:10 yaitu 10 g daun segar dicampur dengan 100 ml BF pH 7. Daun diiris halus kemudian dihaluskan menggunakan blender dengan menambahkan BF pH 7 dan disaring menggunakan kain kasa. Hasil ekstrak CMV dicampur dengan satu gram carborundum 600 mesh per liter sebagai bahan abrasif. Inokulum CMV diinokulasi pada tanaman tembakau cerutu varietas H-382 pada 2 minggu setelah tanam, menggunakan sprayer tipe Zagola (sprayer duco) kapasitas 1000 ml dan kompresor pada tekanan 4,5 kg/cm². Jarak nozel sprayer dengan tanaman diatur kurang lebih 20 cm (Tien Po *et al.* 1987).

Pemeliharaan tanaman terdiri atas penyiraman, pemupukan, penyirangan. Penyiraman tanaman disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Penyirangan dilakukan secara berkala untuk mengendalikan gulma yang tumbuh di sekitar tanaman. Pemupukan menggunakan pupuk majemuk NPK, 10 g pada saat tanam dan 10 g pada satu bulan setelah tanam.

Pengamatan Morfologi dan Anatomi Daun Tembakau

Pengamatan pengaruh infeksi CMV terhadap morfologi, anatomi dan kadar klorofil daun tembakau cerutu dilakukan pada waktu pengamatan terakhir yaitu pada 60 hari setelah tanam atau 3 bulan setelah semai. Cara pengambilan sampel yaitu mengambil daun dari lima tanaman contoh yang telah diinokulasi dengan virus CMV secara acak pada posisi daun keempat atau lima. Tanaman contoh diambil berdasarkan tingkat skor sesuai dengan kriteria pada Tabel 1.

Pengamatan anatomi dilakukan dengan membuat irisan paradermal dari ibu tulang daun secara manual kemudian irisan diamati di bawah mikroskop cahaya.

Tabel 1. Kriteria skor gejala serangan/infeksi CMV

Skor	Kriteria
Skor 0	Tanaman tidak menunjukkan adanya gejala virus (tidak ada serangan)
Skor 1	Tanaman menunjukkan gejala mosaik sangat ringan atau tidak ada penyebaran sistemik
Skor 2	Tanaman menunjukkan gejala mosaik sedang
Skor 3	Tanaman menunjukkan gejala mosaik berat atau belang berat tanpa penciutan atau kelainan bentuk daun
Skor 4	Tanaman menunjukkan gejala mosaik atau belang berat dengan penciutan atau kelainan bentuk daun
Skor 5	Tanaman menunjukkan gejala mosaik atau belang sangat berat dengan penciutan atau kelainan bentuk daun yang parah, kerdil, atau mati

Pengukuran Kandungan Klorofil Daun Tembakau

Analisis kandungan klorofil a, b, dan total, dilakukan dengan metode Arnon (Tanaka & Melis 1997). 250 mg daun segar diekstrak dengan 25 ml aceton 80%, kemudian disaring dengan kertas saring Whatman No. 1 dan diabsorbansi pada $\lambda=645$ nm dan $\lambda=663$ nm. Selanjutnya kandungan klorofil dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{Klorofil total} = \frac{(20,2 \times A_{645}) + (8,02 \times A_{663})}{a \times 1.000 \times W} \times V \text{ (mg/g berat basah)}$$

$$\text{Klorofil 'a'} = \frac{(12,7 \times A_{663}) - (2,69 \times A_{645})}{a \times 1.000 \times W} \times V \text{ (mg/g berat basah)}$$

$$\text{Klorofil 'b'} = \frac{(22,9 \times A_{645}) - (4,68 \times A_{663})}{a \times 1.000 \times W} \times V \text{ (mg/g berat basah)}$$

Keterangan:

a = panjang lintasan cahaya pada cuvet (1 cm)

V = Volume ekstrak (25 ml)

W = Bobot segar sampel (0,25 g)

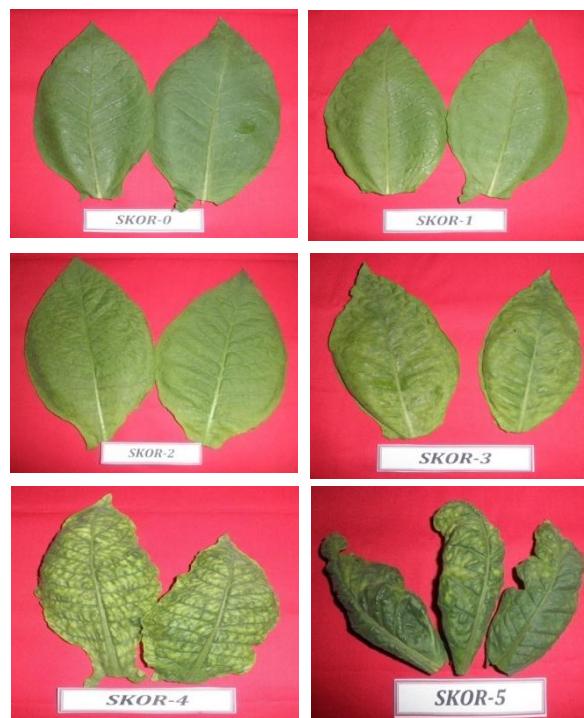
Desain Percobaan dan Analisis Data

Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan. Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis varian. Apabila terdapat perbedaan, dilanjutkan dengan menggunakan uji DMRT dengan taraf nyata 5% (Gomez & Gomez 1995).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Infeksi CMV Terhadap Perubahan Morfologi Daun Tembakau

Reaksi kompatibel yang terjadi antara virus CMV pada daun tembakau, dapat dilihat adanya gejala ringan sampai dengan berat pada daun tanaman. Perubahan morfologi atau bentuk dan penurunan luas daun pada dasarnya merupakan salah satu proses adaptasi tanaman dalam mengatasi serangan CMV (Yamacuchi 2008). Perubahan morfologi daun yang terinfeksi CMV dari skor 0–5 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perubahan morfologi daun tembakau cerutu mulai skor 0 sampai skor 5

Berdasarkan gambar di atas nampak bahwa terjadi perbedaan penampang daun yang sangat signifikan mulai daun tembakau yang sehat sampai daun tembakau yang terinfeksi CMV dengan skor 5 (belang sangat berat dengan penciutan atau kelainan bentuk daun yang parah, kerdil). Skor 0 daun tanaman tidak menampakkan adanya gejala terserang virus CMV,

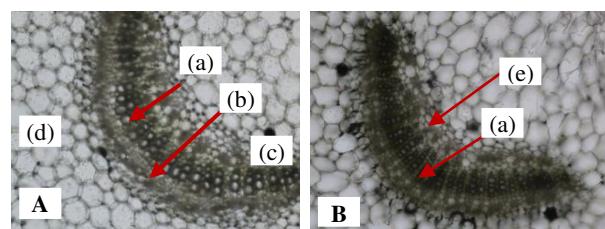
yang ditunjukkan dengan permukaan daun rata, elastis, dan tidak ada gejala mosaik, sedangkan pada skor 5, permukaan daun tidak rata, kaku, terdapat mosaik, atau belang sangat berat dengan penciutan atau kelainan bentuk daun yang parah (malformasi) dan kerul. Hal ini sesuai dengan yang diungkapkan Bathara (2005), bahwa perubahan histologis yang paling umum dalam kerusakan daun karena pengaruh infeksi virus adalah plasmolisis, granulasi atau disorganisasi penyusun sel, rusaknya sel atau disintegrasi, dan pigmentasi jaringan.

Peningkatan luas daun merupakan upaya tanaman dalam mengefisiensikan penangkapan energi cahaya untuk fotosintesis secara normal pada kondisi intensitas cahaya rendah. Taiz & Zeiger (2001) menyatakan daun tanaman toleran CMV memiliki struktur sel-sel palisade kecil dan ukurannya tidak jauh berbeda dengan sel-sel bunga karang, sehingga daun lebih tipis. Struktur tersebut lebih berongga dan akan menambah efisiensi penangkapan energi radiasi cahaya untuk proses fotosintesis. Yamacuchi (2008) menambahkan pula bahwa total luasan daun (*leaf area*) dari suatu tanaman yang terkena infeksi virus akan mengalami penurunan karena terhambatnya laju pertumbuhan, sehingga secara langsung maupun tidak langsung akan menurunkan hasil fotosintesis.

Pengaruh Infeksi CMV Terhadap Perubahan Anatomi Daun Tembakau

Hasil pengamatan terhadap beberapa ibu tulang daun tembakau yang terinfeksi CMV yang disayat secara melintang, berkas pembuluhnya terlihat perbedaan yang cukup signifikan, terutama pada bagian xilem dan floem. Pada Gambar 2 disajikan anatomi penampang melintang ibu tulang daun tembakau skor 0 (yang mewakili tanaman sehat) dan skor 5 (yang banyak terinfeksi CMV).

Pada gambar 2.B terlihat bahwa berkas pembuluhnya membentuk *kranz* (spot-spot terutama pada bagian floem. Selain itu kelenjar sekretori banyak yang kelihatan mengum-



Gambar 2. Penampang melintang ibu tulang daun tembakau **A**. Skor 0 dan **B**. Skor 5 (dengan perbesaran 400x)

Keterangan: (a) Jari-jari xilem, (b) Floem, (c) Kelenjar sekretori, (d) Jaringan parenkim, (e) Bentuk kranz

pul, namun tidak berdinding tebal. Dengan demikian dapat diketahui bahwa infeksi CMV berpengaruh terhadap proses sintesis protein pada masing-masing jaringan, terutama dalam penyusunan dinding sel tanaman.

Hidema *et al.* (1992) menambahkan bahwa kerusakan anatomi daun (termasuk juga kerusakan klorofil dan kloroplas) akibat infeksi virus disebabkan karena pengaruh permeabilitas yang mempengaruhi pH medium sel dan jaringan, sehingga konsentrasi menjadi lebih rendah. Fakta menunjukkan bahwa membran biologis masih menunjukkan permeabilitasnya karena masih memungkinkan terjadinya difusi ion dan molekul. Selain itu, keberadaan enzim dalam membran tersebut secara langsung dapat mempengaruhi transportasi ion dan molekul untuk menyeberangi membran.

Pengaruh Infeksi CMV Terhadap Kadar Klorofil Daun Tembakau

Rerata kadar klorofil a/b dan klorofil total disajikan pada Tabel 2. Tabel tersebut memperlihatkan bahwa berdasarkan uji ANOVA perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata terhadap kadar klorofil tanaman tembakau cerutu. Berdasarkan uji Duncan, antara skor 3–5 memiliki pengaruh nyata terhadap penurunan kadar klorofil, dibandingkan dengan skor 1 dan 2.

Kandungan klorofil akan berpengaruh terhadap fotosintesis yang selanjutnya akan berpengaruh terhadap pertumbuhan. Selain itu, total luasan daun dari suatu tanaman yang terkena infeksi virus akan mengalami penurunan. Hal tersebut disebabkan oleh terhambatnya

Tabel 2. Rerata kadar klorofil a, b, dan total pada daun tembakau yang diinfeksi CMV berdasarkan tingkat scoring

Skor	Kadar klorofil (mg/g berat basah)			Rerata skor
	a	b	Total	
0	12,818 ± 1,664	22,065 ± 2,208	34,854 ± 0,935	23,245 ^e
1	11,199 ± 0,445	16,985 ± 2,104	28,162 ± 2,527	18,782 ^d
2	10,374 ± 0,281	14,981 ± 0,161	25,335 ± 0,441	16,897 ^{cd}
3	9,166 ± 0,240	12,652 ± 0,397	21,801 ± 0,620	14,540 ^c
4	4,436 ± 0,438	4,373 ± 0,550	8,802 ± 0,725	5,870 ^a
5	6,053 ± 1,609	9,269 ± 0,209	15,309 ± 1,535	10,210 ^b
Rerata klorofil	10,809 ^x	16,065 ^y	26,853 ^z	17,909

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama baik dalam baris maupun kolom pada masing-masing kombinasi perlakuan, tidak berbeda nyata menggunakan DMRT ($\alpha=0,05$). n=5.

laju pertumbuhan, proses perluasan daun, meningkatnya jumlah daun yang gugur, hasil klorofil yang menurunkan hasil fotosintesis (Yamaguchi 2008).

Penurunan kandungan klorofil a, b, dan total, menyebabkan penurunan kemampuan dalam menangkap energi radiasi cahaya (Gonçalves *et al.* 2005). Tanaman dengan skor 3–5 memiliki kemampuan menangkap cahaya tiga kali lebih rendah dibandingkan dengan tanaman dengan skor 0–2. Klorofil a dan b berperan dalam proses fotosintesis tanaman. Selain itu, klorofil b juga berfungsi sebagai antena fotosintetik yang mengumpulkan cahaya (Taiz & Zeiger 2001). Peningkatan kandungan klorofil b pada kondisi terinfeksi virus berkaitan dengan peningkatan protein klorofil sehingga akan meningkatkan efisiensi fungsi antena fotosintetik pada *light harvesting complex II* (LHC II). Penyesuaian tanaman terhadap cekaman atau kondisi yang tidak menguntungkan, juga dicerikan dengan membesarnya antena untuk fotosistem II. Pada fotosistem II terdapat molekul klorofil yang mampu menyerap cahaya pada panjang gelombang 680 nm dan berdampak pada lepasnya elektron klorofil, sehingga fotosintesis dapat berjalan. Membesarnya antena untuk fotosistem II ini akan meningkatkan efisiensi pemanenan cahaya (Hidema *et al.* 1992).

Pada skor 4, memiliki kadar klorofil lebih rendah dibandingkan dengan skor 5, karena tanaman pada skor 4 lebih mempertahankan struktur daun, dibandingkan dengan penurunan kadar klorofil. Hal ini menunjukkan bahwa, kerusakan yang terjadi pada klorofil maupun

kloroplas pada dasarnya diawali oleh proses kerusakan makroskopis daun, seperti yang terjadi pada skor 5, selanjutnya baru terjadi penurunan klorofil. Salah satu faktor yang menyebabkan kerusakan anatomi tumbuhan yaitu infeksi CMV, karena virus mempengaruhi sintesis protein struktural. Pernyataan Bagley (2001) juga mendukung bahwa infeksi CMV akan mengakibatkan terjadinya penurunan proses biokimia kloroplas serta penurunan pigmen fotosintesis lainnya seperti karoten dan xantofil.

Daun tembakau yang terinfeksi CMV, mengalami gejala hipoplasia, dengan gejala sebagian besar kloroplas rusak, sehingga jumlahnya tinggal sedikit dan mesofilnya kurang mengalami diferensiasi. Akibatnya lamina menjadi lebih tipis daripada bagian di sekelilingnya yang lebih hijau. Selanjutnya kandungan pati pada bagian daun yang mengalami mozaik menurun tajam dan terbukti bagian tersebut tampak tidak berwarna atau pucat Wahyuni (2005).

Kwoskye (2001) dalam Aharoni *et al.* (2006) menambahkan bahwa, infeksi virus dapat menyebabkan terjadinya kerusakan fisiologis di dalam tanaman jauh sebelum terjadinya kerusakan fisik. Beberapa kerusakan fisiologis yang terjadi secara tersembunyi dapat berupa penurunan kemampuan tanaman dalam menyerap air, pertumbuhan sel yang lambat atau pembukaan stomata yang tidak sempurna. Beberapa penyebab yang mempengaruhi perubahan tersebut, yaitu 1) Deposit kalose dalam sel, 2) Penebalan dinding sel yang terjadi secara fisik karena lignifikasi, 3) Sintesis mole-

kul antibiotik di vakuola, atau 4) Sintesis molekul protein tertentu (Wahyuni 2005).

Reaksi tumbuhan inang terhadap infeksi virus yang dimulai pada tempat atau sel tertentu disebut infeksi lokal. Infeksi dapat menyebar dari satu sel ke sekitarnya melalui plasmodesma, pada waktu mencapai vaskular partikel-partikel virus bersama-sama dengan asimilat akan memasuki hampir semua jaringan floem dan menyebar secara pasif pada bagian-bagian tanaman yang menggunakan asimilat, seperti perakaran, bagian tanaman yang muda dan yang sedang berkembang, serta ke bagian buah. Virus selanjutnya akan masuk ke jaringan parenkim dan bergerak lambat dari sel ke sel. Proses tersebut menyebabkan terjadinya variasi gejala. Pada kondisi tersebut, virus menyebar dalam sistem inangnya dan infeksi menjadi sistemik (Duriat 2006).

Proses fotosintesis akan terjadi jika ada cahaya dan pigmen perantara yaitu klorofil. Proses fotosintesis yang baik menyebabkan pertumbuhan tanaman yang optimal. Klorofil sangat berperan penting dalam reaksi fotosintesis. Menurut Hidema *et al.* (1992), fotosintesis merupakan suatu proses metabolisme tanaman untuk membentuk karbohidrat yang menggunakan CO_2 dari udara bebas dan air dengan bantuan matahari dan klorofil.

Klorofil adalah katalisator fotosintesis penting yang terdapat pada membran tilakoid. Ditambahkan lagi, klorofil merupakan salah satu senyawa metabolit primer yang berperan penting dalam proses metabolisme tumbuhan (Sharma *et al.* 2010). Aharoni *et al.* (2006) juga menyebutkan bahwa biosintesis klorofil merupakan salah satu jalur metabolit primer pada tumbuhan. Skor 0–2 menunjukkan bahwa, daun tidak banyak mengalami infeksi CMV sehingga proses metabolisme primer tidak banyak terganggu. Tidak terganggunya metabolisme primer tersebut menyebabkan sintesis klorofil juga lebih banyak dibandingkan pada skor 3–5.

Pada tanaman normal CO_2 yang terrap akan menjadi karbohidrat, sedangkan pada tanaman yang terinfeksi dan sedang mengalami replikasi virus, cenderung mengarah men-

jadi asam organik, seperti asam amino. Selain itu, jumlah dan aktivitas ribulose-1,5 bifosfat karboksilase menurun, sehingga menurunkan laju fiksasi CO_2 hingga 50% (Akin 2006).

Metabolit primer yang dihasilkan saat proses fotosintesis digunakan untuk metabolisme tanaman, sehingga terjadi pertumbuhan dan perkembangan. Di samping itu, metabolit primer digunakan untuk menyusun metabolit sekunder yang mendukung proses adaptasi dan proteksi tanaman. Suatu aspek yang sangat penting dalam proses pertumbuhan tanaman adalah penyediaan substrat. Kemampuan daun untuk menghasilkan produk fotosintat ditentukan oleh produktivitas per satuan luas daun dan total luas daun. Energi yang dihasilkan sangat tergantung pada rasio eksternal dan internal daun (Taiz & Zeiger 2001).

Secara umum, apabila suatu tumbuhan tumbuh pada kondisi yang tidak mengalami cekaman atau infeksi virus, maka proses-proses metabolisme primernya akan berjalan dengan baik (Solichatun & Nasir 2002 *dalam* Akin 2006). Terganggunya metabolisme tanaman akan menghambat pertumbuhan, sebaliknya jika metabolisme tanaman berjalan dengan baik, maka pertumbuhan tanaman juga akan optimal. Untuk skor 0, tidak terjadi infeksi virus, bahkan sampai pada skor 2, perubahan secara makroskopis tidak terlalu terlihat. Hal ini terjadi karena ada beberapa kemungkinan adanya barier, sehingga tidak terjadi infeksi sistemik. Barier tersebut dapat terjadi pada 1) Tahapan proses inisiasi infeksi, karena virus tidak dikenali oleh *reseptor site* inang, 2) Heterologi protein virus yang menyebabkan sintesis protein virus, 3) Perpindahan virus dari sel ke sel tergantung pada kompatibilitas *movement-protein virus* dengan inang, karena adakalanya fungsi transpor dihalangi oleh sistem pertahanan inang, atau 4) Adanya stimulasi pertahanan seluler inang di daerah terjadinya inisiasi infeksi. Adakalanya peran gen ketahanan inang menjadi aktif bila distimulasi oleh datangnya virus, antara lain dengan cara menginduksi produksi asam salisilat (Wahyuni 2005).

Infeksi CMV mengakibatkan kondisi tanaman sangat terganggu. Hal ini merangsang peningkatan sintesis dan pembebasan asam absisat dari sel-sel mesofil daun. Hormon ini membantu mempertahankan stomata tetap tertutup dengan cara bekerja pada membran sel penjaga. Absicic acid membatasi masuknya ion-ion K⁺ ke dalam sel penutup dan menyebabkan pembukaan channel ion K⁺ sehingga memungkinkan pengeluaran ion K⁺ dari sel penutup. Akibatnya, stomata menjadi kehilangan turgor dan stomata menjadi menutup (Schachtman & Goodger 2008). Penutupan stomata mengakibatkan siklus CO₂ terhambat, sehingga mengakibatkan penurunan fotosintesis.

Penelitian ini memberikan pengetahuan tentang pengaruh infeksi CMV secara langsung terhadap perubahan morfologi, anatomi, dan fisiologi tanaman, serta korelasinya dengan metabolisme tanaman yang terinfeksi. Sebagian besar perubahan yang diamati, secara langsung berhubungan dengan replikasi virus dan fungsi pertahanan tanaman inang. Kerusakan daun yang disebabkan oleh virus CMV akan menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas tembakau cerutu.

KESIMPULAN

Infeksi CMV berpengaruh secara nyata terhadap penurunan kadar klorofil daun tanaman tembakau hingga 74% pada skor 4. Selain itu, infeksi CMV menyebabkan perubahan morfologi daun yaitu permukaan daun menjadi tidak rata, berubah bentuk (malformasi), dan kurang elastis, sehingga menyebabkan penurunan kualitas serta terjadi perubahan warna daun. Secara anatomi terjadi bentukan *kranz* (spot-spot hitam) pada berkas pembuluh daun.

Kerusakan daun tembakau cerutu akibat gangguan penyakit CMV akan menurunkan kualitas daun terutama *dekblad* dan *omblad*. Penanggulangan penyakit CMV perlu terus diupayakan dengan teknik pengendalian secara

terpadu agar dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas tembakau cerutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aharoni, A, Jonsma, MA, Kim, TY, Ri, MB, Giri, AP, Verstappen, FWA, Schwab, W, & Brouwmeester, HJ 2006, Metabolic engineering of terpenoid biosynthesis in plants, *Phytochem, Rev.* 5:49–58, diakses pada 12 Januari 2012, (<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11101-005-3747-3?LI=true>).
- Akin, HM 2006, *Virologi tumbuhan*, Penerbit Kani-sius, Yogyakarta.
- Anonim 1996, Prospek tembakau cerutu dunia dan cerutu Indonesia, Pertemuan teknis tembakau ekspor tahun 1996 di Lembaga Tembakau Cabang Jatim II, Jember, 6 hlm.
- Anonim 1999, *Mosaic diseases of cucurbits*, Report on Plant Disease, Department of Crop Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign, RPD No. 926, Nov 1999.
- Anonim 2009, *Struktur industri dan pertanian tembakau*, diakses pada 21 Mei 2011, (<http://www.naikkan-hargarokok.com./tfiles/file/BukuEkonomiTembakauInd/EkonomicTobaccoIndonesiaBabV.pdf>).
- Bagley, CA 2001, *Controlling tobacco mosaic virus in tobacco through resistance*, Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, diakses pada 12 Januari 2012, (<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-01122002-13631/unrestricted/Tmv.pdf>).
- Bathara, MSE 2005, *Pencemaran udara, respon tanaman dan pengaruhnya terhadap manusia*, Jurusan Pertanian, Medan, Universitas Sumatra Utara, diakses 12 Juli 2012 (<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1001/1/hutan-edi%20batara13.pdf>).
- Boss, L 1990, *Pengantar virologi tumbuhan*, Gadjah Mada Press, Yogyakarta, 226 hlm.
- Duriat, AS 2006, Pengenalan virus tumbuhan, *Materi magang pengujian virus pada benih dan tanaman sayuran*, Balai Pengembangan Mutu Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura di Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lem-bang 3–14 Juli 2006, hlm. 1–11.
- Finetti, SMM, Fernandez, C, Barbarossa & Gallitelli 1999, Differentiation of cucumber mosaic virus subgroups by RT-PCR RFLP, *J. Plant Pathol.*

- 81:145-148, diakses pada 20 Desember 2011, (<http://sipav.org/main/jpp/index.php/jpp/article/view/1059>).
- Gomez, KA & Gomez, AA 1995, *Prosedur statistik untuk penelitian pertanian*, Edisi Kedua, (Diterjemahkan oleh Endang Sjamsuddin & Yustika S. Baharsjah), Universitas Indonesia Press, Jakarta, 220 hlm.
- Gonçalves, MC, Vega, J, Oliveira, JG & Gomes, MMA 2005, Sugarcane yellow leaf virus infection leads to alterations in photosynthetic efficiency and carbohydrate accumulation in sugarcane leaves, *Fitopatol. Bras.* 30(1), Jan–Feb. 2005, diakses pada 18 Januari 2012, (<http://www.scielo.br/pdf/fb/v30n1/a02v30n1.pdf>).
- Hidema, J, Makino, A, Kurita, Y, Mae, T & Ohjima, K 1992, Changes in the level of chlorophyll and light-harvesting chlorophyll a/b protein PS II in rice leaves agent under different irradiances from full expansion through senescence, *Plant Cell Physiol* 33(8):1209–1214.
- Lucas, GP 1975, *Disease of tobacco*, Harold E. Parker & Sons Raleigh, Nort Carolina, pp.198.
- Saleh, N, Susilowati, SE, Soerjono & Hari-Adi, B 1992, Pengendalian penyakit virus tanaman temba-kau, *Pros. Diskusi II Tembakau Besuki NO*, Balittas, Malang, hlm. 9–14.
- Schachtman, DP & Goodger, JQD 2008, Chemical root to shoot signaling under drought, *Review Journal*, Elsevier Ltd., diakses pada 11 November 2011, (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2570333/>).
- Sharma, MM, Ali, DJ & Batra, A 2010, Plant regeneration through *in vitro* somatic embryogenesis in Ashwagandha (*Withania somnifera* L. Dunal), *Researcher* 2(3).
- Sopandie, D, Chozin, MA, Sastrosumarjo, S, Juhaeti, T & Sahardi 2003, Toleransi padi gogo terhadap naungan, *Hayati* 10(2):71–75.
- Taiz, L & Zeiger, E 2001, *Plant physiology*, The Benyamin/Cumming Publishing Company Inc, Tokyo, pp. 219–247.
- Tanaka, A, & Melis, A 1997, Irradiance dependent change in size and composition of chlorophyll A-B light-harvesting complex in the green algae, *dunaliella salina* plant cell, *Physiology* 38: 17–24.
- Tien Po, XH, Zhang, BS, Qui, BY, Qin & Wu 1987, Satelite RNA for control of plant diseases caused by cucumber mosaic virus, *Ann. Appl. Biology*, 111 in Press.
- Wahyuni, WS 2005, *Dasar-dasar virologi tumbuhan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 234 hlm.
- Yamacuchi, A 2008, Viral lesion formation on chlorophyll deficient leaf area, *Journal of Phytopathology* 61(4):399–400, diakses pada 20 November 2011, (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0434.1968.tb02342>).